

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 107**

51 Int. Cl.:

H02P 9/00 (2006.01)

H02P 29/68 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2008 E 08167895 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2060786**

54 Título: **Control de temperatura de generador eléctrico de turbina eólica por modificación del factor de potencia eléctrica**

30 Prioridad:

13.11.2007 US 939055

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

18.04.2018

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**XIONG, QIMOU;
YU, XIANG;
ZHOU, YU;
ZHANG, YINGMING;
SMITH, DAVID;
KRUEGER, GIESBERT y
LANGEL, ANDRE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 664 107 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de temperatura de generador eléctrico de turbina eólica por modificación del factor de potencia eléctrica

La invención se refiere, en general, a máquinas eléctricas y, más concretamente, a procedimientos y sistemas para el control de la temperatura de un generador eléctrico.

5 Al menos algunos sistemas de generador eléctrico están diseñados para operar en condiciones medioambientales específicas. Por ejemplo, al menos algunos generadores de turbinas eólicas conocidos, están diseñados para su aplicación al nivel del mar con una altitud de emplazamiento inferior a aproximadamente 1000 metros. Sin embargo, dicha turbina eólica puede estar instalada en un emplazamiento en el que las condiciones medioambientales específicas que son utilizadas para definir los requisitos de diseño se exceden. Si el generador de turbina eólica está
10 instalado en un emplazamiento que ofrece una altitud y / o una temperatura ambiente que excede de las condiciones medioambientales específicas de los criterios de diseño, la capacidad de enfriamiento del generador de turbina eólica puede reducirse y el generador puede experimentar una situación de sobretensión durante su operación. En dicho emplazamiento, para mantener estable la operación de potencia del generador sin disminución de la potencia del régimen del generador de turbina eólica, tendría que mejorarse el enfriamiento del generador.

15 Una solución conocida es la puesta en práctica de un enfriador potenciado, por ejemplo, se podría adoptar un enfriador con unos ventiladores de enfriamiento axiales y / o radiales para sustituir un enfriador original. Sin embargo, el nuevo diseño de enfriador potenciado y / o el diseño del generador, así como el aumento de la cantidad de equipamiento eléctrico asociado con el generador de turbina eólica resulta costoso. Así mismo, la readaptación de un nuevo equipamiento en un generador de turbina eólica instalado a grandes alturas de sesenta y cinco metros
20 o más, resulta más costoso.

A continuación se describen referencias de diversos sistemas de generador conocidos y técnicas de control a tal efecto:

EP 2 166 266 A1 (ACCIONA WINDPOWER SA [ES], 24 de marzo de 2010 (24-03-2010);

25 YIFAN TANG ET AL: "Estrategia Flexible de Control de la Potencia Activa y Reactiva para un Sistema Variable de Generación de Frecuencia de Velocidad Constante", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA, Vol. 10, No. 4, 1 de julio de 1995 (01-07-1995), Páginas 472 - 478 , XP000924888, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/63.391945; y

30 RABELO B ET AL: "Procedimientos de reducción de pérdidas para mecanismos impulsores de generadores de inducción de alimentación doble para turbinas eólicas" POWER ELECTRONICS, ELECTRICAL DRIVES, AUTOMATION AND MOTION, 2006. SPE EDAM 2006, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TAORMINA, ITALY MAY, 23RD - 26TH, 2006, PISCATAWAY, NJ. USA, IEEE, 1 de mayo de 2006 (01-05-2006), Páginas 1217 - 1222, XP010924673, DOI: 10.1109/SPEEDAM.2006.1649953, ISBN: 978-1-4244-0193-2.

De acuerdo con ello, se aporta la presente invención, según se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

35 A continuación, se describirán diversos aspectos y formas de realización de la presente invención en conexión con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática de un generador de turbina eólica de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama esquemático del generador de turbina eólica mostrado en la Figura 1;

40 la Figura 3 es una vista esquemática de una turbina eólica de velocidad variable que incluye un generador síncrono de accionamiento directo de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

la Figura 4 es una vista esquemática de un generador de turbina eólica de velocidad variable que incluye un generador de inducción de alimentación doble de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

45 la Figura 5A es un gráfico que ilustra la potencia de salida desde el generador de turbina eólica hasta la red eléctrica; y

la Figura 5B es un gráfico que ilustra la potencia de salida desde el generador de turbina eólica hasta la red eléctrica utilizando un convertidor para suministrar una porción de la carga reactiva a la red.

50 La siguiente descripción detallada ilustra la divulgación, a modo de ejemplo y no de limitación. La descripción claramente posibilita que un experto en la materia elabore y utilice la divulgación, describe varias formas de realización, adaptaciones, variantes, alternativas y usos de la divulgación, incluyendo lo que actualmente se considera el mejor modo de llevar a cabo la divulgación. La divulgación se describe como aplicada a una forma de realización preferente, a saber, un procedimiento para controlar la temperatura de un generador de turbina eólica.

Según se utiliza en la presente memoria, el término "pala" pretende ser representativo de cualquier dispositivo que proporcione una fuerza reactiva cuando se sitúa en movimiento con respecto a un aire circundante. Según se utiliza en la presente memoria, el término "turbina eólica" pretende ser representativa de cualquier dispositivo que genere energía rotacional procedente de la energía eólica y, más concretamente, convierta la energía cinética del viento en energía mecánica. Según se utiliza en la presente memoria, el término "generador de turbina eólica" pretende ser representativa de cualquier turbina eólica que genere potencia eléctrica a partir de la energía rotacional generada procedente de la energía eólica y, más concretamente, convierta la energía mecánica convertida a partir de la energía cinética del viento en potencia eléctrica.

La Figura 1 es una vista esquemática de un generador 10 de turbina eólica de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente invención. En la forma de realización ejemplar, el generador 10 de turbina eólica incluye una configuración con un eje geométrico horizontal. Como alternativa, el generador 10 de turbina eólica puede incluir configuraciones que incluyan, pero no se limiten a, una configuración de eje geométrico vertical (no mostrada). En la forma de realización ejemplar, el generador 10 de turbina eólica está acoplado eléctricamente a una carga eléctrica (no mostrada en la Figura 1), por ejemplo, pero no limitada a, una red eléctrica. La red eléctrica facilita la canalización de la potencia eléctrica procedente de aquél para facilitar la operación del generador 10 de turbina eólica y/o sus componentes asociados. Dichos componentes asociados pueden incluir unas cargas de líneas eléctricas que incluyan, pero no se limiten a, unos dispositivos accionados por motores eléctricos (por ejemplo, mecanismos impulsores de los pasos), y electrónicos (por ejemplo suministros de potencia de sistemas de control), cargas de líneas aéreas (por ejemplo, iluminación y calefacción) dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica (por ejemplo, batería, volante y sistemas de almacenamiento capacitivo) y otros generadores. Además, la red eléctrica facilita la transmisión de la potencia eléctrica generada por el generador 10 de turbina eólica. Aunque solo se ilustra un generador 10 de turbina eólica, en algunas formas de realización se puede agrupar de manera conjunta una pluralidad de turbinas 10 eólicas, algunas veces designadas como "parque eólico".

El generador 10 de turbina eólica incluye un cuerpo algunas designado como "góndola", y un rotor (designado genéricamente mediante la referencia numeral 14) acoplado a la góndola 12 para su rotación con respecto a la góndola 12 alrededor de un eje geométrico de rotación 16. En la forma de realización ejemplar, la góndola 12 está montada sobre una torre 18. Sin embargo, en algunas formas de realización, además o como alternativa a la góndola 12 montada sobre una torre, el generador 10 de turbina eólica incluye una góndola 12 adyacente al suelo y / o a una superficie de agua. La altura de la torre 18 puede ser cualquier altura apropiada que permita que el generador 10 de turbina eólica funcione según se describe en la presente memoria. El rotor 14 incluye un buje 20 y una pluralidad de palas 22 (algunas veces designadas como "perfiles aerodinámicos") que se extienden radialmente hacia fuera desde el buje 20 para convertir la energía eólica en energía rotacional. Aunque el rotor 14 se describe e ilustra en la presente memoria presentando tres palas 22, el rotor 14 puede incorporar un número indeterminado de palas 22. Cada una de las palas 22 puede tener cualquier longitud y tener una forma, tipo y / o configuración que facilite la operación de la turbina eólica 10 según lo descrito en la presente memoria.

La Figura 2 es un diagrama esquemático de un generador 10 de turbina eólica mostrado en la Figura 1. El generador 10 de turbina eólica incluye un generador 24 eléctrico acoplado al rotor 14 para generar potencia eléctrica procedente de la energía rotacional generada por el rotor 14. El generador 24 puede ser cualquier tipo apropiado de generador eléctrico, por ejemplo, pero no limitado a, un generador de inducción de rotor bobinado, un generador de polos salientes, un generador de doble cara, un generador síncrono excitado, un generador de imán permanente y / o un generador de inducción de alimentación doble (DFG). El generador 24 incluye un estator (no mostrado) y un rotor (no mostrado).

El rotor 14 incluye un eje 26 del rotor acoplado al buje 20 del rotor para su rotación con él. El generador 24 está acoplado al eje 26 del rotor de manera que la rotación del eje 26 del rotor impulsa una rotación del rotor del generador y, por tanto, la operación del generador 24. En la forma de realización ejemplar, el rotor del generador presenta un eje 28 del rotor acoplado a aquél y acoplado al eje 26 del rotor de manera que la rotación del eje 26 del rotor acciona la rotación del rotor del generador. En otras formas de realización, el rotor del generador está directamente acoplado al eje 26 del rotor, algunas veces designado como "turbina eólica de accionamiento directo". En la forma de realización ejemplar, el eje 28 del rotor del generador está acoplado al eje 26 del rotor por medio de una caja de engranajes 30, aunque, en otras formas de realización, el eje 28 del rotor del generador está acoplado directamente al eje 26 del rotor. Más concretamente, en la forma de realización ejemplar la caja de engranajes 30 presenta un lado 32 de baja velocidad acoplado al eje 26 del rotor y un lado 34 de alta velocidad acoplado al eje 28 del rotor del generador. La par de torsión del rotor 14 acciona el rotor del generador para de esta manera generar una potencia eléctrica de corriente alterna (ca) de frecuencia variable procedente de la rotación del rotor 14.

En la forma de realización ejemplar, un convertidor 36 de frecuencia está eléctricamente acoplado al generador 24 por medio de al menos un conducto 33 eléctricamente conductor. El convertidor 36 está configurado para convertir la potencia eléctrica de ca de frecuencia variable recibida del generador 24 en potencia eléctrica de ca de frecuencia fija para su transmisión a una carga 39 eléctrica por ejemplo, pero no limitada a una red eléctrica, eléctricamente acoplado al convertidor 36 por medio de al menos un conducto 35 eléctricamente conductor. En la forma de realización ejemplar, el convertidor 36 de frecuencia incluye un circuito 37 de capacidad de soporte de potencia reactiva que se utiliza para cambiar el factor de potencia operativa del generador 24. Por ejemplo, cuando el generador 10 de turbina eólica es requerido para que opere a un factor de potencia de menos de aproximadamente

0,95. El convertidor 36 de frecuencia puede estar situado en cualquier parte dentro o a distancia del generador 10 de turbina eólica. Por ejemplo, en la forma de realización ejemplar, el convertidor 36 de frecuencia está situado dentro de una base (no mostrada) de la torre 18 (mostrada en la Figura 1).

5 Como alternativa, el convertidor 36 de frecuencia está directamente acoplado al generador 24 por medio de al menos un conducto 38 eléctricamente conductor en una configuración DFIG como se ilustra mediante líneas de puntos en la Figura 2. El conducto 38 está eléctricamente acoplado al generador 24 y al convertidor 36 en lugar del conducto 33. De modo similar al menos un conducto 40 eléctricamente conductor facilita el acoplamiento eléctrico del generador 24 con el convertidor 36 y con la carga 39 en lugar del conducto 35.

10 En algunas formas de realización, el generador 10 de turbina eólica puede incluir uno o más sistemas 42 de control acoplados a uno o más componentes del generador 10 de turbina eólica para controlar en términos generales la operación del generador 10 de turbina eólica y / o algunos o todos sus componentes (ya se describan y / o ilustren dichos componentes en la presente memoria). En la forma de realización ejemplar, el (los) sistema(s) 42 de control está(n) montado(s) dentro de la góndola 12. Sin embargo, adicionalmente o como alternativa, uno o más sistemas 42 de control pueden estar distantes de la góndola 12 y / u otros componentes del generador 10 de turbina eólica. El
15 (los) sistema(s) 42 de control puede(n) ser utilizado(s) para, pero no limitado a, supervisión y control del sistema global incluyendo, por ejemplo, pero no limitada a la regulación del paso y la velocidad, del eje de alta velocidad y de la capacidad del freno de guiñada, la guiñada y la aplicación del motor de bombeo, y / o la supervisión de los fallos. En algunas formas de realización pueden utilizarse arquitecturas de control distribuidas o centralizadas alternativas.

20 En la forma de realización ejemplar, el (los) sistema(s) 42 de control incluye(n) un bus 50 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información. Uno o más procesador(es) 52 está(n) acoplado(s) al bus 50 para procesar información. En la forma de realización ejemplar, el (los) procesador(es) 52 son controladores. Como alternativa, el (los) procesador(es) 52 son cualquier dispositivo que facilite(n) la operación del sistema 42 según se describe en la presente memoria.

25 El (los) sistema(s) 42 de control, puede(n) también incluir una o más memorias de acceso aleatorio (RAM) 54 y / u otro(s) dispositivo(s) 56 de almacenamiento. El (los) RAM(s) 54 y el (los) dispositivo(s) 56 de almacenamiento están acoplados al bus 50 para almacenar y transferir información e instrucciones para que sean ejecutadas por el (los) procesador(es) 52. El (los) RAM(s) 54 (y / o también el (los) dispositivo(s) 56 de almacenamiento, (si se incluyen) puede(n) también ser utilizados para almacenar variables temporales u otras informaciones intermedias durante la ejecución de las instrucciones por el (los) procesador(es) 52. El (los) sistema(s) 42 de control puede también incluir
30 una o más memorias de solo lectura (ROM) 58 y / o dispositivos de almacenamiento estático acoplados al bus 50 para almacenar y proporcionar información estática (esto es, no cambiante) e instrucciones al (a los) procesador(es) 52. El (los) dispositivo(s) 60 de entrada / salida puede(n) incluir cualquier dispositivo conocido en la técnica para suministrar datos de entrada al (a los) sistema(s) 42 de control, por ejemplo, pero no limitados a, datos de entrada y / o salida relativos al convertidor 36 de frecuencia y / o a la carga 39 eléctrica y / o suministrar salida, por ejemplo,
35 pero no limitadas a, salidas de control de la guiñada y / o salidas de control del paso. Las instrucciones pueden suministrarse a una memoria de un dispositivo de almacenamiento, como por ejemplo, pero no limitado, un disco magnético, un circuito integrado de memoria de solo lectura (ROM), un CD-ROM, y / o un DVD, por medio de una conexión a distancia ya sea cableada o inalámbrica que proporcione acceso a uno o más medios electrónicamente accesibles, etc. En algunas formas de realización, puede utilizarse un conjunto de circuitos cableado en lugar de o
40 en combinación con instrucciones software. Así, la ejecución de secuencias de instrucciones no está limitada a ninguna combinación específica de conjuntos de circuitos hardware e instrucciones software, ya se describan y / o se ilustren en la presente memoria.

45 El (los) sistema(s) 42 puede(n) también incluir una interfaz 62 de sensor que permita que el (los) sistema(s) 42 de control comunique con cualquier sensor. La interfaz 62 de sensor puede ser o puede incluir, por ejemplo, uno o más convertidores analógico - digital que conviertan las señales analógicas en señales digitales que puedan ser utilizadas por el (los) procesador(es) 52.

50 En la forma de realización ejemplar, el (los) sistema(s) 42 de control están acoplados en comunicación de datos electrónicos con al menos un convertidor 36 de frecuencia, un rotor 14, y un generador 24 para supervisar y / o controlar la operación de los mismo. Como alternativa, el (los) sistema(s) 42 de control están acoplados en comunicación de datos electrónicos con la carga 39 eléctrica para recibir informaciones relativas a la carga 39, por ejemplo, pero no limitados a, los parámetros operativos y / o las condiciones de la carga 39 y / o para controlar la operación de la carga 39.

55 Así mismo o como alternativa al (a los) sistema(s) 42 de control, otro(s) sistema(s) de control (no mostrado(s)) puede(n) ser utilizado(s) para la operación del convertidor 36 de frecuencia, del rotor 14 del generador 24 y / o de la carga 39. Dicho(s) otro(s) sistema(s) de control incluye(n) pero no se limita(n) a, uno o más sistemas de control asociados con otros generadores de turbina eólica (no mostrados), uno o más sistemas de control centralizados para un parque eólico, y / o uno o más sistemas de control asociados con la carga 39.

La Figura 3 es una vista esquemática de una turbina eólica 300 de velocidad variable que incluye un generador 302 sincrónico de accionamiento directo de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

La Figura 4 es una vista esquemática de un generador 400 de turbina eólica de velocidad variable que incluye un generador 402 de inducción de doble alimentación de acuerdo con una forma de realización de la presente invención. En la forma de realización ejemplar, un convertidor de ca / cc / ca 404 está dividido en dos componentes: un convertidor 406 del lado del rotor y un convertidor 408 del lado de la red. El convertidor 406 del lado del rotor y el convertidor 408 del lado de la red en la forma de realización ejemplar, son convertidores de fuentes de tensión multietapa que utilizan dispositivos electrónicos de conmutación forzada (IGBTs) para sintetizar una tensión de ca a partir de una fuente de tensión de cc. Un condensador 410 acoplado entre conductores sobre un bus 411 de cc actúa como fuente de tensión de cc. Un inductor 412 de acoplamiento es utilizado para acoplar el convertidor 408 del lado de la red a una red eléctrica 414. El devanado 416 del rotor trifásico está acoplado a un convertidor 406 del lado del rotor por medio de unos respectivos anillos 418 deslizantes y unas escobillas. El devanado 422 del estator trifásico está directamente conectado a la red eléctrica 414 por medio de unos terminales 415 de la red. La potencia capturada por el generador 400 de turbina eólica es convertido en potencia eléctrica por el generador 402 de inducción y transmitida a la red eléctrica 414 por el estator y por los devanados 422, 416 del rotor. Un sistema 424 de control genera un comando 426 del ángulo de paso y una señal 428 de comando de tensión del lado del rotor y una señal 430 de comando de tensión del lado de la red para el convertidor 406 del lado del rotor y el convertidor 408 de lado de la red, respectivamente, para controlar la potencia del generador 400 de turbina eólica, la tensión 411 del bus de cc y la potencia reactiva o la tensión en los terminales 415 de la red. El convertidor 406 del lado del rotor es utilizado para controlar la potencia de salida de la turbina eólica y la tensión (o la potencia reactiva) medida en los terminales 415 de la red. En concreto, la tensión o la potencia reactiva en los terminales 415 de la red es controlada por la corriente reactiva que fluye en el convertidor 406 del lado del rotor. En una forma de realización, el generador 400 de turbina eólica es operado en un modo de regulación VAR en el que la potencia reactiva en los terminales 415 de la red es mantenida sustancialmente constante utilizando un regulador VAR (no mostrado). El convertidor 408 del lado de la red es utilizado para regular la tensión del condensador 410 del bus de cc. Así mismo, el convertidor 408 del lado de la red es utilizado para generar o absorber potencia reactiva.

El factor de potencia deseado de la electricidad de ca procedente del estator se consigue mediante el control de la corriente del rotor. El convertidor 406 del lado del rotor está acoplado al devanado 416 del rotor para controlar las corrientes de los devanados 416 del rotor para hacer que la electricidad procedente de los devanados 422 del estator sea controlada hasta un factor de potencia deseado, y el generador 402 para proporcionar un nivel deseado del par. El factor de potencia de los devanados 422 del estator se puede ajustar mediante el sistema 424 de control, que puede también convertir la electricidad de ca. La electricidad del rotor es suministrada al bus 411 de cc por medio del convertidor 406 del lado del rotor donde la electricidad de cc es almacenada en el condensador 410. En una forma de realización alternativa, el condensador 410 comprende un banco de condensadores.

Durante su operación, el generador 400 de turbina eólica está rotando a una velocidad mayor que una velocidad síncrona del generador, el convertidor 408 del lado de la red convierte la electricidad de cc procedente del bus 411 de cc en una electricidad de ca de frecuencia constante y la suministra a la red eléctrica 414 por medio del inductor 412 de acoplamiento. Cuando el generador 400 de turbina eólica está rotando a una velocidad inferior a la velocidad síncrona, el convertidor 408 del lado de la red o tendido rectifica activamente la electricidad de ca procedente de la red eléctrica 414 y la regula para suministrar electricidad de cc al convertidor 406 del lado del rotor, el cual a su vez suministra una corriente de ca a los devanados 416 del rotor. En algunas formas de realización, la corriente de la electricidad de ca procedente del convertidor 408 del lado de la red es ajustada para que se sitúe en fase con la tensión de la red de manera que la electricidad de ca procedente del convertidor 408 del lado de la red suministrada a la red eléctrica 414 es sustancialmente mantenida en un factor de potencia unitaria. Por consiguiente, la electricidad de ca es suministrada a la red eléctrica 414 tanto desde los devanados 422 del estator como de los devanados 416 del rotor en o por encima de las velocidades síncronas del generador 402. Por debajo de las velocidades síncronas, la corriente de ca es suministrada a los devanados 416 del rotor y la potencia es generada por los devanados 422 del estator y suministrada a la red eléctrica 414. El generador 402 bajo el control del convertidor 406 del lado del rotor ajusta la potencia reactiva de manera que la electricidad de ca suministrada por los devanados 422 del estator es suministrada en un factor de potencia selectivamente ajustable. El factor de potencia de la electricidad de ca suministrada por los devanados 416 del rotor puede ser determinada por la regulación de la corriente por medio del convertidor 408 del lado de la red.

En la forma de realización ejemplar, el convertidor 406 del lado del rotor es un inversor conmutado y suministra un flujo de corriente a los devanados 416 del rotor por debajo de la velocidad síncrona hasta que el generador 402 alcanza una velocidad síncrona. Por encima de la velocidad síncrona, el generador 402 genera electricidad de ca trifásica procedente de los devanados 416 del rotor y suministra la eléctrica a través del convertidor 408 del lado de la red, la cual entonces sirve como rectificador activo para suministrar electricidad de cc al bus 411 de cc. El sistema 424 de control controla la electricidad a través del convertidor 406 del lado del rotor hacia o desde los devanados 416 del rotor.

Durante algunas operaciones, por ejemplo en elevadas altitudes y a temperatura ambiente relativamente elevadas el sistema instalado de enfriamiento del generador (no mostrado) puede no ser lo suficientemente eficaz para poder enfriar el generador 402 dentro de unos parámetros permisibles. En dichos casos, se utiliza un circuito 37 de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor, que es una función del convertidor 404 que puede ser utilizada para modificar el factor de potencia operativa del generador 402. Por ejemplo, cuando se necesita operar el generador 400 de turbina eólica en un factor de potencia de menos de aproximadamente 0,95. Normalmente, el

convertidor 404 no suministra potencia reactiva a la red eléctrica 414 de manera que cuando el generador 402 (el estator y el rotor conjuntamente) opera en un factor de potencia de menos de aproximadamente 0,95, sin embargo, utilizando el circuito 37 de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor el factor de potencia del generador se ajusta, hasta, por ejemplo, 0,97 u otro valor, y el resto del requisito de la potencia reactiva es suministrado por el convertidor 408 del lado de la red. Dicha transferencia del requisito de la potencia reactiva del generador 402 al convertidor 404 facilita la reducción de la pérdida de calor del generador 402 permitiendo la operación a toda potencia de forma que, de no ser así, el generador 402 tendría que ser objeto de una reducción del régimen de potencia o de un enfrentamiento adicional requerido. Mediante la provisión de una porción de potencia reactiva a la red eléctrica 414 procedente del convertidor 404, los valores de la corriente del generador reales tanto de los devanados 422 del estator como de los devanados 416 del rotor pueden reducirse, de forma que resulte mejorada la pérdida de calor.

Un punto de referencia manualmente introducido o un comando generado de forma automática pueden ser utilizados para seleccionar un reglaje del factor de potencia que reduzca las corrientes reactivas del rotor. Un sensor 426 de la temperatura o unos sensores (no mostrados) incrustados en los devanados 416 del rotor y / o los devanados 422 del estator pueden ser utilizados para facilitar la determinación acerca de cuándo es insuficiente el enfriamiento del generador 402 y que deba ser utilizado el circuito 37 de capacidad de soporte de la potencia reactiva del convertidor. El sensor 426 de la temperatura puede estar acoplado al sistema 424 de control de manera que un algoritmo que se ejecute sobre el sistema 424 de control pueda determinar el reglaje del factor de potencia necesario para reducir el flujo de corriente, el cual puede ser seleccionado o generado y transferido hacia el convertidor 406 del lado del rotor. El reglaje es la corriente del rotor determinada suministrada a los devanados 416 del rotor para provocar que el generador 402 genere la electricidad a partir de su estator en el factor de potencia deseado. Utilizando el convertidor 404 la capacidad de soporte de potencia reactiva para proporcionar una porción del requerimiento de potencia reactiva que es desplazada a partir del generador 402 hasta a la red eléctrica 414, facilita la reducción de las corrientes del estator y el rotor del generador de manera que se mejora la pérdida de calor del generador 402 y se reduce la temperatura operativa de los devanados 422 del estator.

En una forma de realización alternativa, los uno o más condensadores 432 están acoplados a una salida de la turbina 404 para suministrar potencia reactiva hacia fuera del generador 402, por ejemplo, un valor fijado de capacitancia y / o una capacitancia regulada desde, por ejemplo, aproximadamente 0,95 sobre excitada como punto normal hasta aproximadamente 0,95 sobre excitada haciendo que discurra el generador entre 1 y 0,9 sobre excitado. Condensadores adicionales suministrarían también un desplazamiento de potencia reactiva desde el generador 402 de manera que las corrientes del estator y del rotor se reduzcan con menos coste que una actualización de enfriamiento adicional.

La Figura 5A es un gráfico 500 que ilustra la potencia de salida desde el generador 400 de turbina eólica hasta a la red eléctrica 414. La Figura 5 es un gráfico 502 que ilustra la potencia de salida desde el generador 10 de turbina eólica hasta a la red eléctrica 414 utilizando el convertidor 404 para suministrar una porción de la carga reactiva a la red. En la forma de realización ejemplar el gráfico 500 incluye un eje x 504 graduado en unidades de potencia real, por ejemplo, kilovatios y un eje y 506 graduado en unidades de potencia reactiva, por ejemplo, kilovarios. Un primer vector 508 ilustra la potencia aparente suministrada a la red 414 desde el generador de turbina eólica 400. El vector 508 comprende un componente real 510 y un componente reactivo 512, ambos suministrado por el generador 402. En una forma de realización ejemplar, el gráfico 502 incluye un eje x 514 graduado en unidades de potencia real, por ejemplo kilovatios, y un eje y 516 graduado en unidades de potencia reactiva, por ejemplo kilovares. Un segundo vector 518 ilustra la potencia aparente suministrada a la red 414 a partir del generador 400 de turbina eólica utilizando el convertidor 404 para suministrar al menos una porción de la carga reactiva a la red 414. El vector 518 comprende un componente 520 real suministrado por el convertidor 404 y un componente 522 reactivo también suministrado por el convertidor 404. El vector 518 también comprende un componente 524 real y un componente 526 reactivo ambos suministrados por el generador 402. En cada caso ilustrado en las Figuras 5A y 5B, el factor de potencia suministrado a la red es de aproximadamente 0,95, sin embargo, como se ilustra en la Figura 5B, utilizando el circuito 37 de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor del convertidor 404 permite desplazar la carga reactiva del generador 402 al convertidor 404 para facilitar la reducción de las corrientes del generador 402, lo que aminora la exigencia de enfriamiento del generador 402. Utilizando la característica del circuito 37 de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor, en lugar de añadir un sistema de enfriamiento suplementario, el generador 10 de turbina eólica es capaz de operar en entornos de elevada altitud y / o grandes temperaturas.

Como se apreciará y en base a la memoria descriptiva preferente, las formas de realización descritas anteriormente de la divulgación pueden ser llevadas a la práctica utilizando técnicas de programas de ordenador o de ingeniería incluyendo software informático, firmware, hardware o cualquier combinación o subconjunto de estas, de manera que el efecto técnico se traduzcan en la compartición de la carga reactiva entre un generador de turbina eólica y un convertidor de potencia para reducir las corrientes del generador para facilitar la reducción de la pérdida de enfriamiento del generador. Cualquier programa de este tipo resultante, que incorpore unos medios de código legibles por ordenador, puede ser incorporado o dispuesto dentro de uno o más medios legibles por ordenador, consiguiendo de esta manera un producto de programa informático, esto es, un artículo manufacturado, de acuerdo con las formas de realización analizadas de la divulgación. Los medios legibles por ordenador pueden ser, por ejemplo, pero no limitados a, una unidad (de disco duro) fija, un disquete, un disco óptico, una cinta magnética, una memoria de semiconductor como por ejemplo una memoria de solo lectura (ROM), y / o cualquier medio de

transmisión / recepción por ejemplo Internet u otra red o enlace de comunicación. El artículo manufacturado que contenga el código informático puede ser fabricado y / o utilizado mediante la ejecución del código directamente a partir de un medio, copiando el código a partir de un medio a otro medio o transmitiendo el código a través de una red.

- 5 Aunque se han descrito formas de realización de la divulgación en términos de varias formas de realización específicas, debe advertirse que las formas de realización de la divulgación pueden llevarse a la práctica con modificación dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema (10) de generador de turbina eólica, que comprende:

un generador (24) que comprende un rotor (14) y un estator, estando dicho generador configurado para generar electricidad en un primer factor de potencia en un primer modo operativo y para generar electricidad en un segundo factor de potencia en un segundo modo operativo, en el que el segundo factor de potencia es mayor que el primer factor de potencia; y **caracterizado por:**

una reactancia (432) capacitiva eléctricamente acoplada a una salida del generador (24);

un convertidor (404) de potencia eléctricamente acoplado al rotor (14), estando dicho convertidor (404) de potencia configurado para convertir la electricidad procedente del rotor (14) en electricidad de corriente continua (cc) por encima de una velocidad síncrona del generador, estando el convertidor de potencia configurado para suministrar electricidad al rotor (14) por debajo de la velocidad síncrona, estando además configurado dicho convertidor (404) de potencia para convertir la electricidad en un tercer factor de potencia en un primer modo operativo y para convertir la electricidad en un cuarto factor de potencia en el segundo modo operativo, en el que el cuarto factor de potencia es inferior al tercer factor de potencia, de manera que la salida de potencia del sistema (10) del generador en el segundo modo operativo es sustancialmente igual a la salida de potencia del sistema (10) del generador en el primer modo operativo, suministrando dicho convertidor (404) de potencia una porción de potencia reactiva de esta a una red eléctrica (414), de manera que los valores de corriente reales tanto de los devanados (422) del estator como de los devanados (416) del rotor del generador (24) se reducen en el segundo modo operativo con respecto al primer modo operativo para mejorar la pérdida de calor del generador (24);

en el que dicho convertidor (404) de potencia comprende un convertidor (406) del lado del rotor acoplado a un convertidor (408) del lado de la red por medio de un bus (411) de corriente continua (cc) en el que un circuito (37) de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor está configurado para controlar de manera selectiva el al menos uno entre el convertidor (406) del lado del rotor y el convertidor (408) del lado de la red para controlar la corriente reactiva del generador (24); y

un sensor (426) de la temperatura acoplado a un sistema (424) de control de manera que un algoritmo que se ejecute sobre el sistema (424) de control pueda determinar el reglaje de los factores de potencia necesarios para reducir el flujo de corriente, que puede ser seleccionado o generado y transmitido al convertidor (406) del lado del rotor.

2.- Un sistema (10) de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que se puede facilitar la reducción de las corrientes reactivas del generador en el segundo modo operativo con respecto al primer modo operativo.

3.- Un sistema (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que la reactancia (432) capacitiva es una reactancia capacitiva variable.

4.- Un sistema (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, configurado además para suministrar electricidad a una red eléctrica (414) en un factor de potencia sustancialmente unitario.

5.- Un sistema (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que además el circuito (37) de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor está configurado para ajustar de manera selectiva una contribución de potencia reactiva del convertidor (404) a la salida del sistema (10) de generador de turbina eólica.

6.- Un sistema (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que además el circuito (37) de capacidad de soporte de potencia reactiva del convertidor está configurado para controlar de manera selectiva una corriente del rotor (14) del generador para controlar una salida de potencia reactiva del generador (24).

7.- Un sistema (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en el que dicho convertidor (404) comprende un convertidor (406) del lado del rotor acoplado a un convertidor (408) del lado de la red mediante un bus (411) de corriente continua (cc) que incluye una fuente de cc acoplada a este.

8.- Un sistema (10) de acuerdo con la Reivindicación 7, en el que dicha fuente de cc comprende al menos un elemento entre un condensador (410), un supercondensador, y una batería.

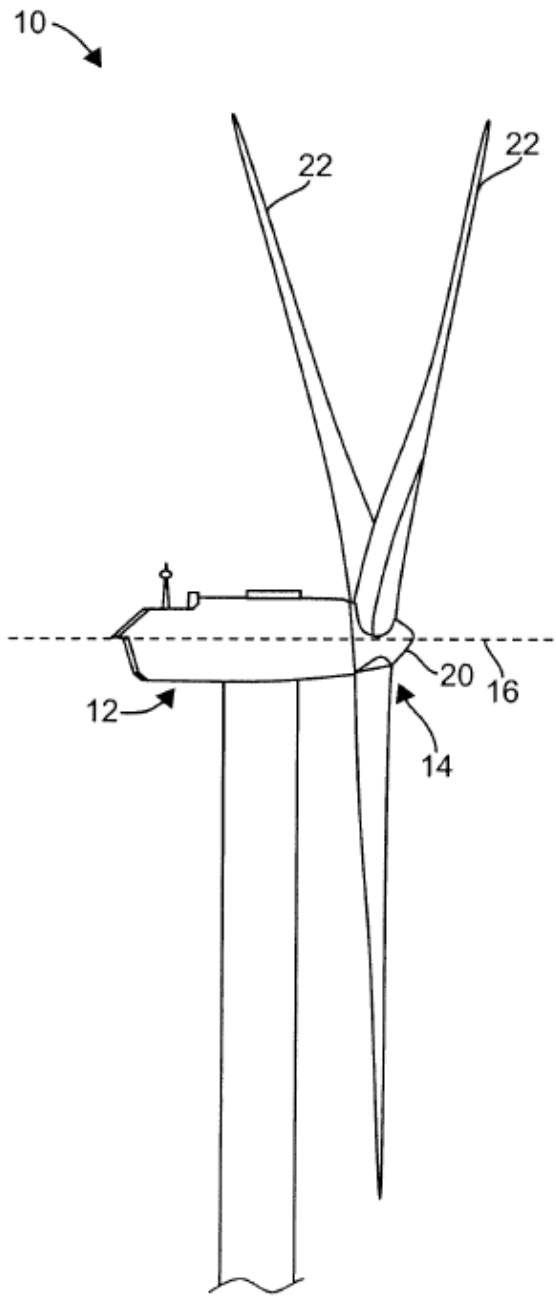


FIG. 1

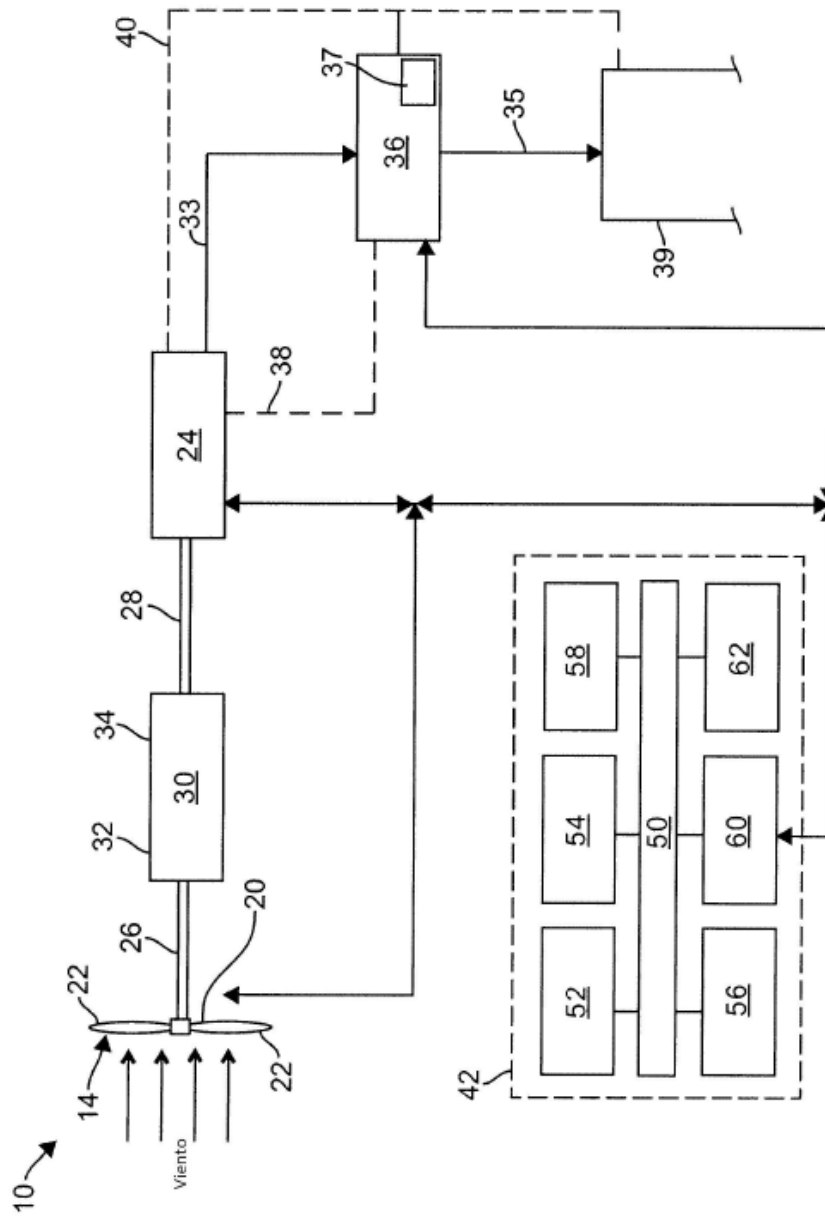


FIG. 2

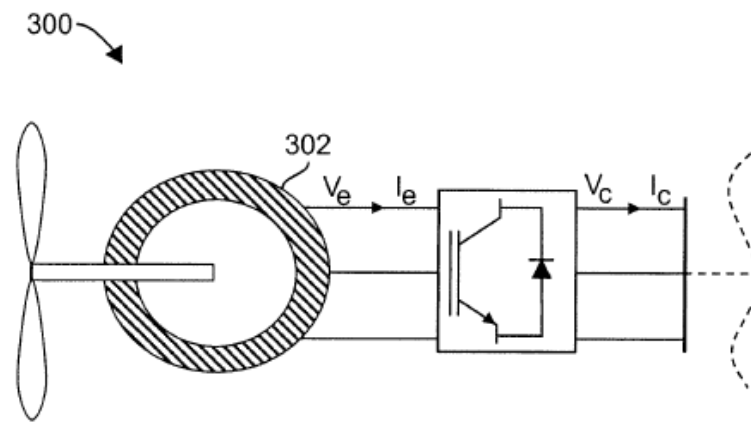


FIG. 3

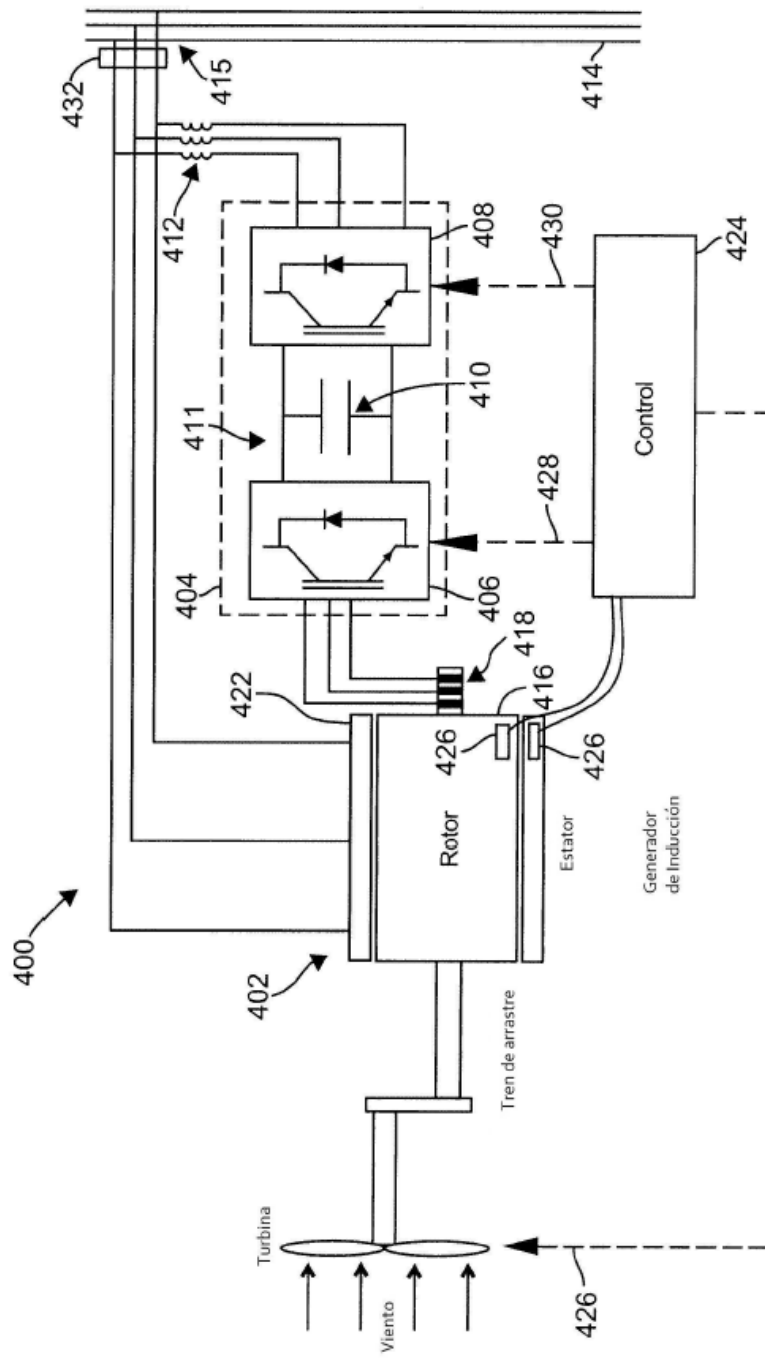


FIG. 4

